CHAPITRE VII :

NOTIONS SOMMAIRES SUR LES COMPOSANTES A SEMI-CONDUCTEURS: DIODE ET TRANSISTOR

1 GENERALITES SUR LES SEMI-CONDUCTEURS :

1.1 Structure des semi-conducteurs :

Un semi-conducteur est un matériau qui conduit l'électricité à température ambiante, mais moins aisément qu'un métal conducteur. Les propriétés électriques d'un semi-conducteur sont déterminées par sa structure atomique. Dans un cristal de germanium ou de silicium pur, les atomes sont disposés de façon régulière, formant une « grille en diamants ». Chaque atome du cristal dispose de quatre électrons périphériques, chacun interagissant avec l'un des électrons de l'atome voisin pour former une liaison. Ainsi, les électrons ne sont pas libres ; à basse température, le matériau cristallin pur se comporte comme un isolant.

1.2 Rôle des impuretés :

Les cristaux de germanium et de silicium qui contiennent de petites quantités de certaines impuretés peuvent cependant conduire l'électricité, même à basse température. Ces impuretés apportent soit un excès d'électrons, soit un défaut.

Ainsi, les éléments impurs, tels que le phosphore, l'antimoine ou l'arsenic, qui donnent les électrons, constituent des impuretés de type donneur. Ces éléments ont en effet cinq électrons périphériques. Dans le cristal semi-conducteur, quatre d'entre eux interagissent avec les électrons périphériques des atomes de germanium ou de silicium. Le cinquième électron reste libre. Par conséquent, lorsqu'un champ électronique est appliqué, les électrons restants des impuretés de type donneur peuvent se déplacer librement dans le réseau cristallin.

Les éléments impurs, tels que le gallium et l'indium, ne disposent que de trois électrons périphériques. Il leur en manque donc un pour compléter les liaisons inter-atomiques dans le cristal. Ces impuretés sont appelées impuretés de type accepteur : elles ont tendance à accepter des électrons d'atomes voisins pour combler le défaut d'électrons dans leur structure

de liaisons périphériques. Les lacunes électroniques, qui apparaissent alors dans la structure des atomes voisins, sont à leur tour complétées par d'autres éléments. Ces lacunes se comportent donc comme des charges positives, qui se déplacent lorsque l'on applique une tension.

1.3 Semi-conducteurs de types N et P

Un cristal de germanium ou de silicium contenant des impuretés de type donneur est appelé semi-conducteur négatif, ou semi-conducteur de type N. La présence d'impuretés de type accepteur produit un semi-conducteur positif de type P.

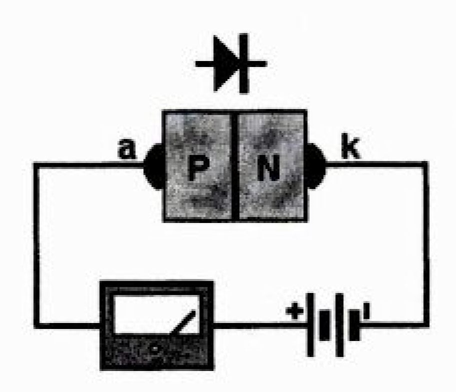
Lorsqu'une tension externe est appliquée, la jonction N-P ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Si la zone de type P est connectée à la borne positive d'une batterie et que celle de type N est reliée à la borne négative, un courant important passe dans le matériau via la jonction. Si la batterie est connectée dans le sens opposé, le courant ne passe pas.

2 LA DIODE A SEMI-CONDUCTEURS :

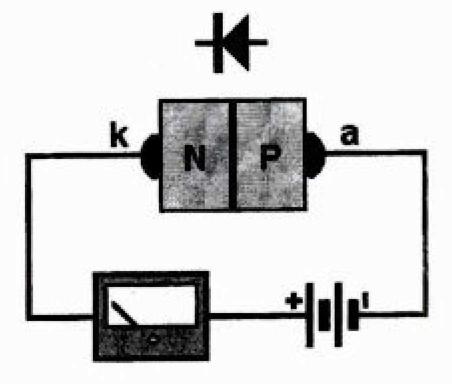
2.1 Principe

Une jonction PN ne laisse passer le courant que dans le sens direct, lorsque sa cathode (zone N) est reliée à une source de courant continu.

Dans le sens inverse l'intensité est très faible, la diode se comporte comme une résistance très élevée.

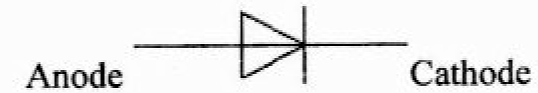


Sens direct, courant fort



Sens inverse, courant faible

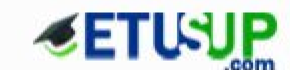
▲La diode est représentée par le symbole suivant :

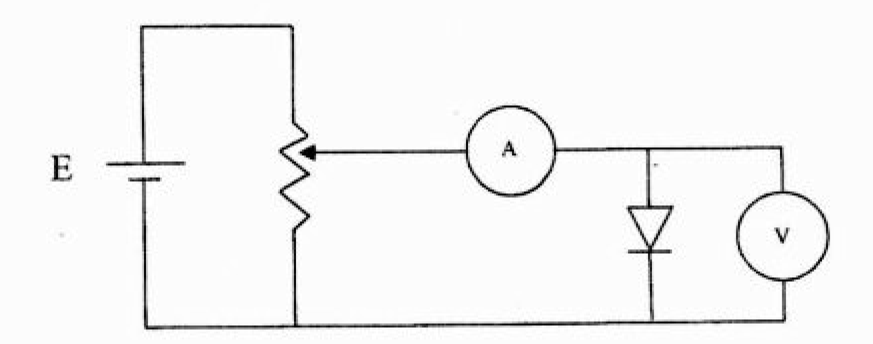


Anode Cathode

2.2 Caractéristiques d'une diode

Le circuit ci-dessous permet de mesurer les caractéristiques d'une diode en sens direct (passant). Pour le mode inverse, il suffit de retourner la diode.

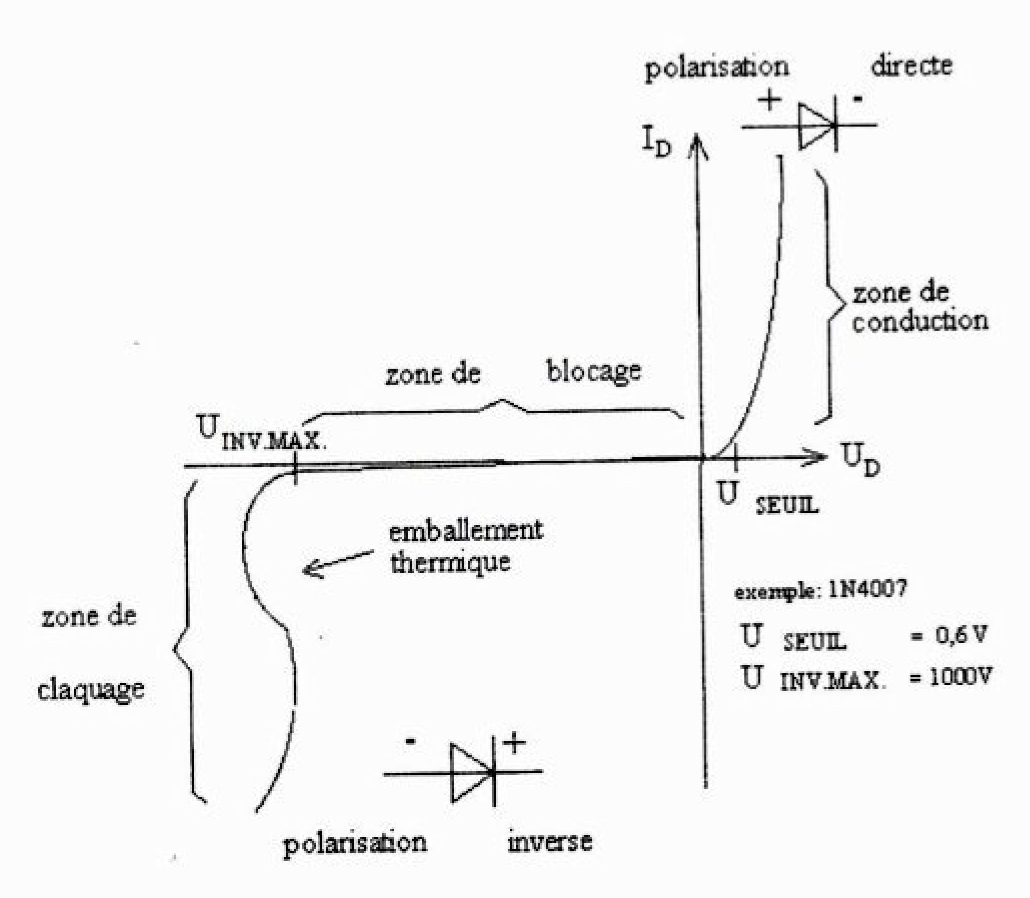




La résistance utilisée est variable, permettant d'augmenter le courant aux bornes de la diode.

Le comportement de même que la fonction d'une diode peut se déduire de sa caractéristique graphique courant-tension

$$I_D = f(U_D).$$



La courbe obtenue n'étant pas une droite, nous parlons d'un élément non-linéaire. Ce qui signifie que le courant circulant dans l'élément n'est pas proportionnel à la tension qui lui est appliquée, donc ne dépend pas uniquement de la loi d'ohm.

Dans le sens direct, la tension de seuil est la tension nécessaire à appliquer à la diode pour qu'elle devienne conductrice. U_{SEUIL} = 0,6 V pour le Si (0,3 V pour le Ge).

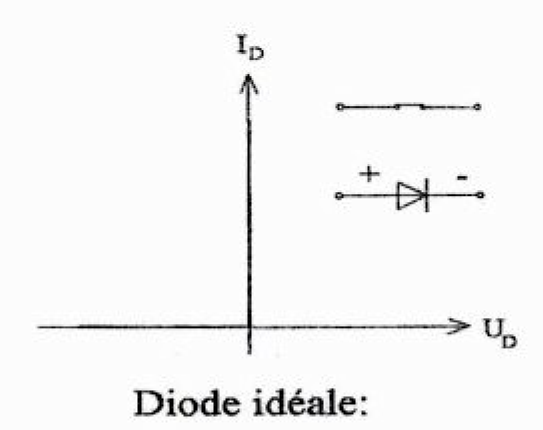
Au delà de la tension de seuil, le courant ne dépend pratiquement que de la résistance totale du circuit, et la tension aux bornes de la diode reste autour de 0,6V - 0,7V.

Le courant inverse est très faible (de l'ordre du nanoampère). Il augmente très fortement au delà d'une certaine tension inverse, appelée tension de claquage. La tension inverse de claquage varie entre 10 et 1000 volts suivant le type de diode. L'emballement thermique qu'entraîne la tension de claquage détruit la diode dans la plupart des cas.

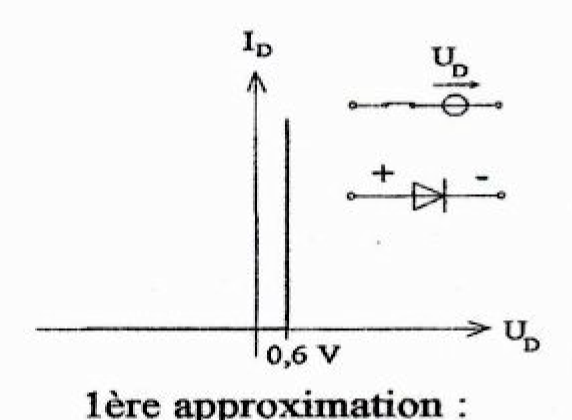
2.3 Approximation d'une diode

Pour comprendre le fonctionnement d'un montage comprenant des diodes, il est souvent plus simple de considérer la diode de manière approximative. Pour illustrer ces approximations, nous utilisons une technique dite de schémas équivalents.

Selon le besoin, nous pouvons avoir, l'un ou l'autre des schémas équivalents ci-dessous. Le choix de l'approximation dépend de la valeur des tensions présentes dans le circuit, de l'utilité du circuit à diode ou encore des courants circulant dans le montage.

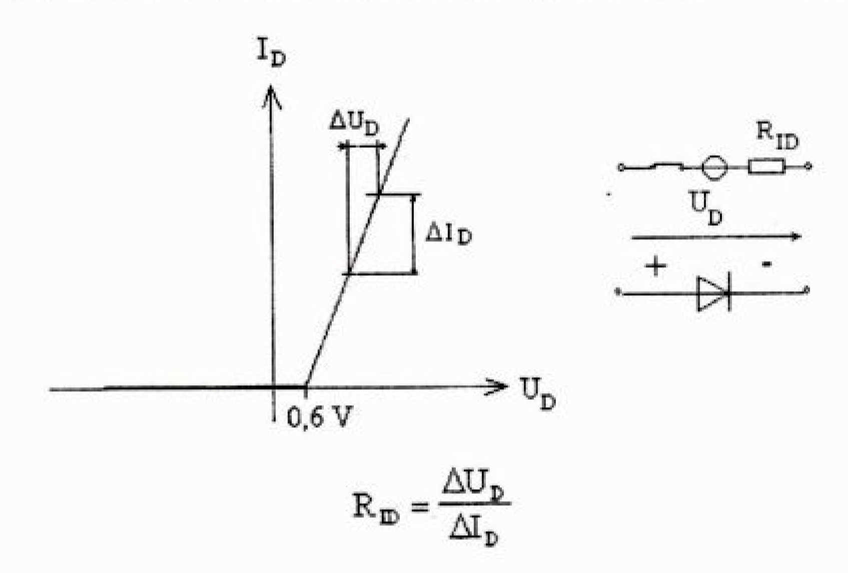


Diode idéale:



1ère approximation :





$$R_{ID} = \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D}$$

Deuxième approximation:

2.4 Principales utilisations

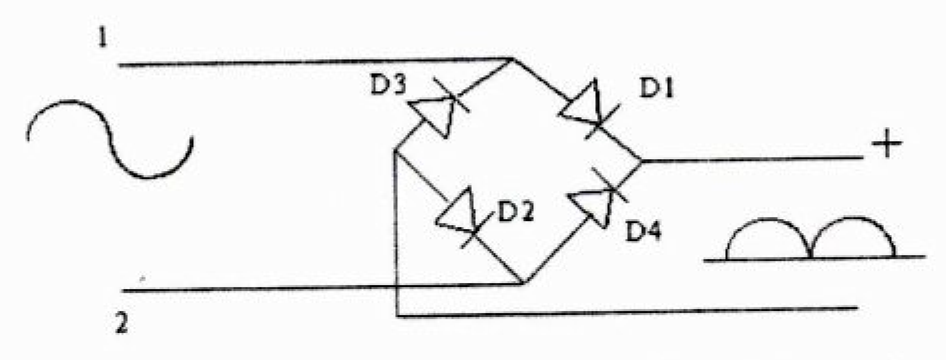
Les diodes sont principalement utilisées dans les circuits selon trois groupes de fonction différents:

- Les circuits d'écrêtage,ou circuits de limitation : qui permettent d'empêcher un signal de dépasser une valeur (amplitude) choisie.

- Les circuits de commutation : qui permettent la commande ou le changement de normes, ou encore pour circuits logiques.

- Les circuits de redressement : qui permettent la conversion d'une tension alternative en une tension continue.

Ce montage est communément appelé "Pont redresseur".



Lorsque la tension alternative est positive, la tension à la borne 1 est supérieure à celle à la borne 2. Le courant résultant de cette différence de tension passe donc de la borne 1 vers la borne 2. Il passe à travers la diode D1 (il est bloqué à la borne d3). Traversant le montage en continu, il revient par la diode d2. Lorsque la tension à la borne 2 est supérieure à la borne 1, le courant passe à travers D4 puis revient par la diode D3. La tension n'est pas continue à la sortie, elle est seulement redressée. Le courant continu s'obtient en utilisant des condensateurs, selfs, et circuit électroniques de lissage.

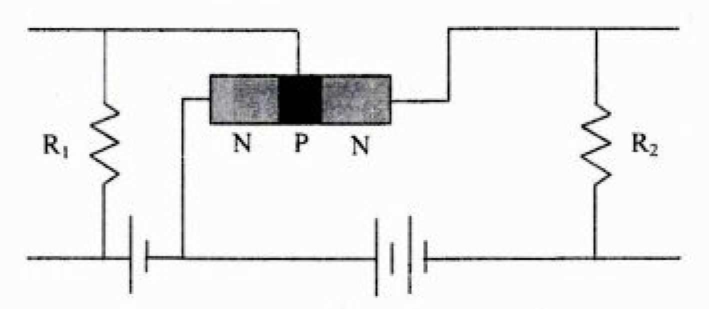
3 LE TRANSISTOR

3.1 Introduction

Au mois de janvier 1948, le physicien américain William Bradford Shockley, des laboratoires Bell, mettait au point le transistor, petite invention qui allait révolutionner notre vie quotidienne. En effet, tous les appareils électroniques que nous utilisons quotidiennement intègrent des transistors comme composants de base : par exemple, le microprocesseur utilisé dans un ordinateur contient entre 3 et 5 millions de transistors.
Le transistor un dispositif électronique pouvant remplir les fonctions d'un amplificateur, d'un commutateur ou d'un oscillateur, dans les télécommunications, le contrôle et les systèmes informatiques (Ordinateur ; Électronique). Jusqu'à la mise au point du transistor en 1948, les développements dans le domaine de l'électronique dépendaient de l'utilisation des tubes à vide thermoïoniques, des amplificateurs magnétiques, des équipements tournants spécialisés et des condensateurs spéciaux utilisés comme amplificateurs.

3.2 Fonctionnement du Transistor

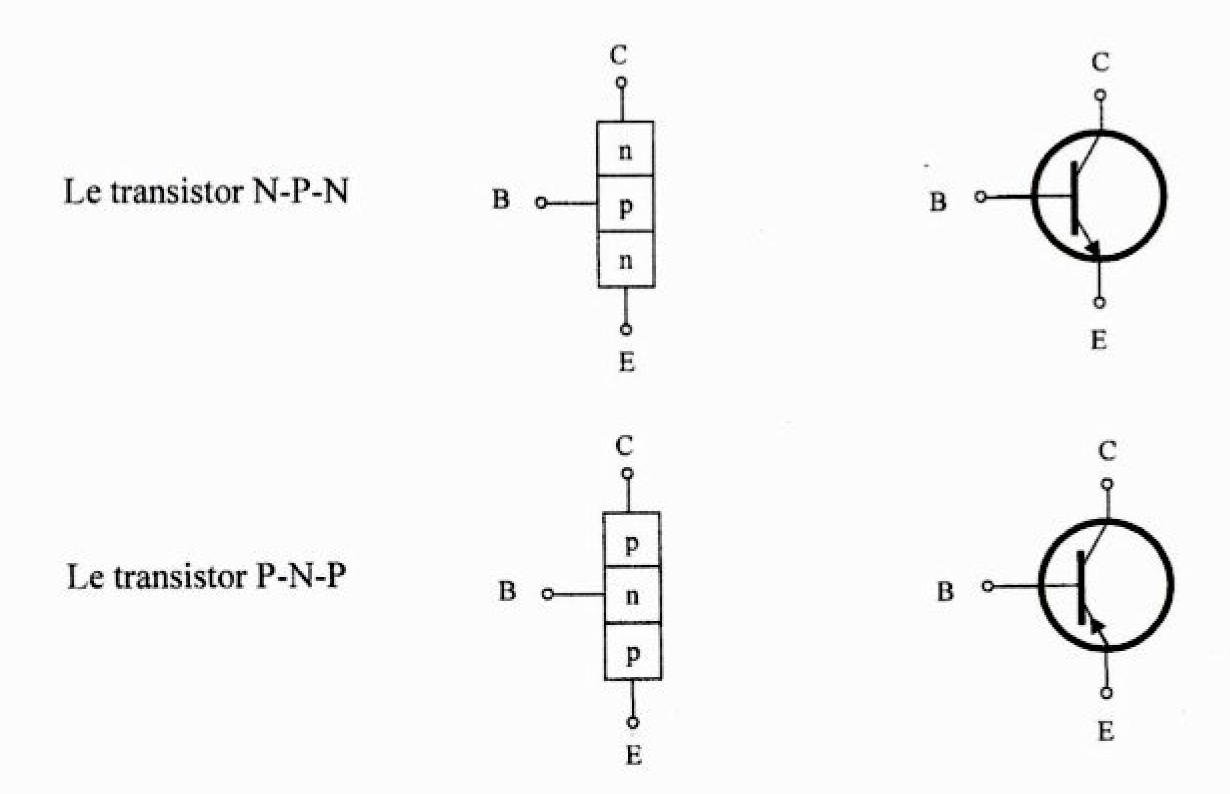
Seul le fonctionnement du transistor en amplificateur est décrit ici. Dans le transistor, une combinaison de deux jonctions peut être utilisée pour obtenir une amplification.
Le transistor N-P-N est composé d'une couche très fine de matériau de type P, comprise entre deux sections de matériau de type N. Il est placé dans un circuit comprenant une résistance d'entrée R1 et une résistance de sortie R2. Le matériau de type N situé près de l'entrée du circuit est l'élément émetteur du transistor : il constitue la source d'électrons.



L'élément de type P est appelé base du transistor : il contrôle le flux électronique. Pour permettre aux électrons de traverser la jonction N-P, celle-ci est polarisée dans le sens direct. L'élément de type N dans le circuit de sortie sert de collecteur.
Les électrons qui quittent l'émetteur entrent dans la base, sont attirés vers le collecteur chargé positivement et passent dans le circuit de sortie. L'impédance d'entrée, ou la résistance au flux de courant, entre l'émetteur et la base est faible, alors que l'impédance entre le collecteur et là base est élevée. Par conséquent, de petites modifications de la tension de la base entraînent des changements importants au niveau du collecteur, faisant de ce type de transistor un réel amplificateur.
Les transistors P-N-P et N-P-N fonctionnent de manière semblable, mais avec des tensions et des intensités de signes opposés.

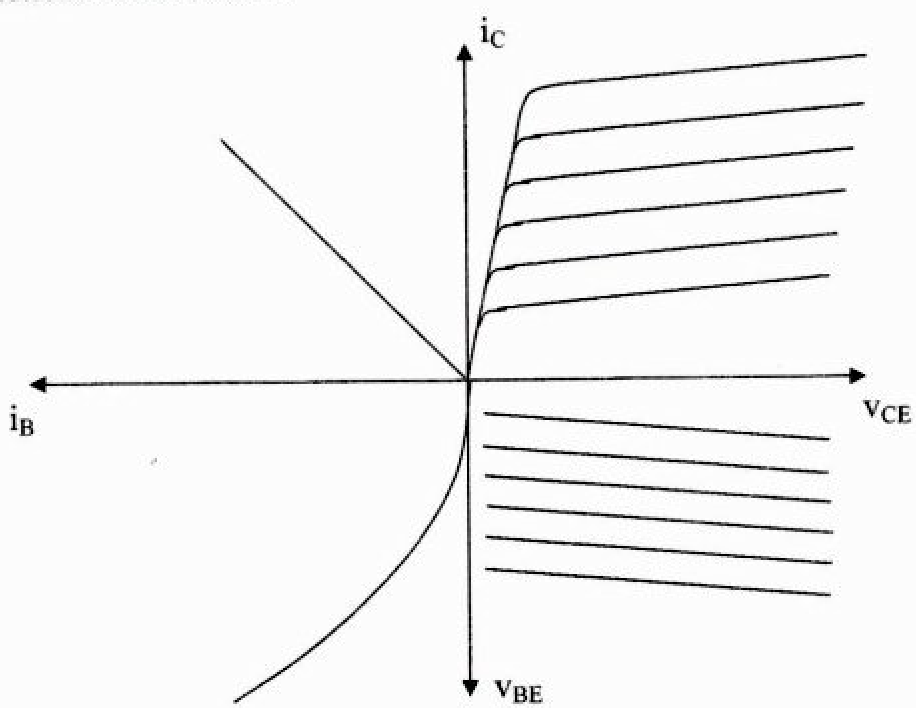
▲Le transistor est représenté par le symbole suivant :





3.3 Courbes caractéristiques d'un transistor

L'effet transistor peut être décrit de manière beaucoup plus simple au moyen des courbes caractéristiques (figure) qui relient les courants émetteur, base et collecteur, et les tensions entre base, émetteur et collecteur.



La caractéristique courant base i_B fonction de la tension base-émetteur v_{BE} est analogue à celle d'une diode. Le courant collecteur i_C pratiquement proportionnel au courant i_B dépend

assez peu de la tension v_{CE} entre collecteur et émetteur en dehors de la droite de saturation ($v_{CE} = 0$) qui correspond au court-circuit collecteur-émetteur.

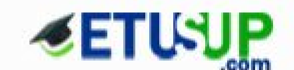
▲Le rapport entre le courant collecteur et le courant base est considérable :

$$\frac{i_C}{i_B} = \beta = 100$$

En d'autre terme, le courant base joue le rôle d'une vanne qui commande le courant collecteur. Ainsi le circuit base qui met en jeu une faible puissance commande une puissance beaucoup plus importante dans le circuit collecteur. C'est cette propriété qui est utilisée dans les montages amplificateurs à transistor.

4 AUTRES AVANCÉES

À la fin des années 1960, le circuit intégré commença à remplacer le transistor dans les équipements électroniques complexes. À peu près de même taille qu'un transistor, un circuit intégré peut remplir les fonctions de 15 à 20 transistors. Dans les années 1970, le développement des circuits intégrés de moyenne, grande et très grande échelle (MSI, LSI, et VLSI) a permis la construction d'ordinateurs compacts. Le microprocesseur, qui fit son apparition au milieu des années 1970, est un LSI évolué. Grâce aux progrès de la miniaturisation, un seul microprocesseur peut maintenant remplir les fonctions de nombreuses cartes de circuits intégrés. Cette technologie a notamment permis de développer des ordinateurs portables performants.




ETUSUP.com